

V-137

超音波スペクトル解析によるコンクリートの品質評価に関する研究

立命館大学理工学部 正員 尼崎 省二

正員 明石外世樹

立命館大学大学院 学生員 鈴木 健司

1. まえがき

透過超音波パルスのスペクトル解析は、コンクリートの非破壊試験方法の有効な手段となることは既に報告したとおりである¹⁾。しかしながら、スペクトル図による品質評価では、スペクトルとコンクリートの品質との定量的関係を得ることは困難である。

本研究は透過超音波スペクトル解析の結果とコンクリートの品質との定量的関係を得る目的で、コンクリートの配合、養生条件および材令、供試体の形状寸法、更に供試体中の空洞等が供試体の応答関数のエネルギーに及ぼす影響を検討し、超音波パルス伝播速度(以下、音速と略記)と比較したものである。

2. 超音波スペクトル解析結果の定量化について

超音波スペクトル計測系が線形の場合、コンクリート供試体の応答関数 $h(t)$ は伝達関数 $H(\omega)$ の逆フーリエ変換から求められ、 $H(\omega)$ は、計測系への入力信号 $x(t)$ を一定にした状態で、振動子系および振動子・供試体系からの出力信号 $y^*(t)$ および $y(t)$ のフーリエ変換 $Y^*(\omega)$ 、 $Y(\omega)$ から求めることができる¹⁾。応答関数のエネルギー・スペクトル密度 $S(\omega)$ を任意の周波数区間について積分すると、その区間の応答関数の有するエネルギー(以下、単にエネルギーと略記)が得られる。図-1は本研究に使用した振動子の前面保護膜厚さを0.2 mm、 $y(t)=y^*(t)$ として求めた振動子系の単位長さ当りのエネルギーである。

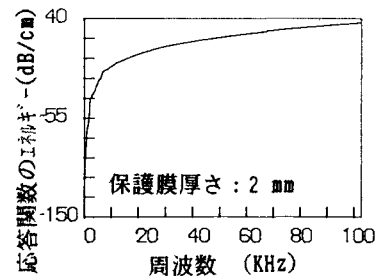


図-1 発・受振子のエネルギー

3. 実験概要

供試体の条件による応答関数の変化を、表-1に示す実験要因により作製したコンクリート供試体を用いて調べ、またスランプ8および15 cm程度のコンクリート円柱供試体をJIS A 1132による棒突きのみと内部振動機による十分な締固めにより作製し、締固め程度の影響についても検討した。更に粗骨材(13~20mm, 640 g)をビニール袋に詰めた楕円体を20 cm立方供試体に埋設し、供試体表面の格子点(2 cm 間隔)で透過超音波スペクトル解析を行い、内部豆板の評価法についても検討した。

応答関数の測定は、幅1 μ s、高さ22 Vの矩形インパルスを発振子に印加する方法で行った。信号解析は市販のFFT法による信号解析装置を使用し、長さ約10 msの信号波形の50回の読み込み平均をDC~102.3 KHz(サンプリング間隔 2.441 μ s, 分解能100 Hz)について解析した。使用した発・受振子は共振周波数 100 KHzのPZT-7(直径50 mm)をステンレス枠に入れたもので、測定には、直流増幅器(DC~2 MHz)を使用した。

4. 実験結果及び考察

本研究の結果をまとめると、以下のようである。

(1) 図-2は供試体による単位長さ当りのエネルギーの変化、図-3はエネルギー算定に用いたスペクトル密度を示したものである。これらの図から、スペクトル計測系は必ずしも線形ではなく、供試体の形状・寸法の影響が大きい。すなわち、円柱供試体は角柱供試体に比べて、高周波数成分に至るまでよく透過し、したがって最大周波数までのエネルギーも高い。また断面が同じ正方形の場合には、供試体が長くなるほど、供試体のエネルギー

表-1 実験要因

W/C (%)	40, 50, 60, 70
スランプ (cm)	8, 15
空気量 (%)	4.5 $\pm$ 1
養生	標準水中、室内
供試体	20x20x5, 20x20x10 20x20x15, 20x20x20
形状寸法	10x10x40, ϕ 10x20

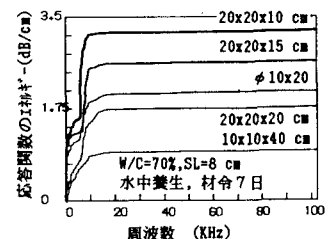


図-2 供試体形状による変化

一は低下する。なお、エネルギーは、音速が早いほど、大きくなる傾向にある。

(2) エネルギーは水セメント比、スランプが大きくなるとともに低下し、高周波数成分領域のエネルギーが平坦、すなわち高周波数成分が透過しにくくなる傾向にある(図-4,5)。

(3) 水中養生供試体は、空中養生供試体に比較して、エネルギーが高く、また高周波数成分もよく透過する傾向にあり、材令の経過によっても同様の傾向がある(図-6,7)。

(4) 締固めが悪く、単位体積重量および音速が低いと、エネルギーがかなり低くなる(図-8)。

(5) 図-9に楕円体豆板近傍でのエネルギーと音速の測定結果を示す。豆板短軸方向の測定では、エネルギー、音速とも、豆板位置で大きく低下している。一方、長軸方向の測定では、短軸が振動子素子の直径にほぼ等しいために、音速はほとんど変化していないが、エネルギーには明らかな変化が認められる。すなわち、エネルギーの測定は、音速よりも、豆板、空洞等の内部欠陥位置の評価に適していると思われる。

以上、振動子の種類および振動子と供試体との音響学的結合方法（コンクリートの表面状態、結合剤の種類と量、圧定力等）が応答関数のエネルギーに及ぼす影響は明らかにする必要性は残るものの、応答関数のエネルギーによりコンクリートの品質を定量的に評価できるとと思われる。

最後に、本研究に対して文部省科学研究費補助金（一般研究C）を受けたことを付記し、深謝する。

【参考文献】

尼崎, 明石他, 超音波[※]のコンクリートへの適用に関する基礎的研究土木学会第41回年次学術講演会概要集

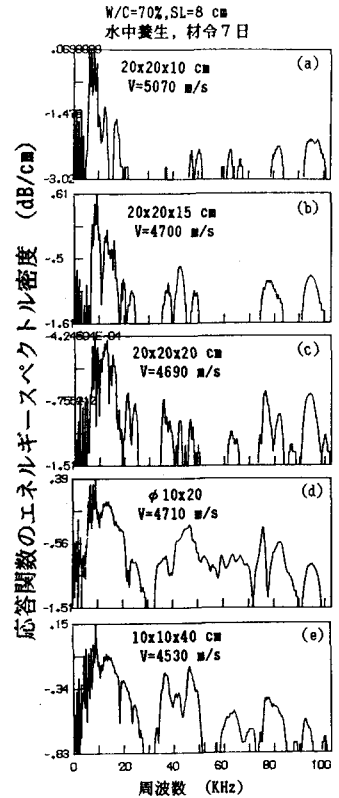


図-3 供試体形状による Δ° の変化

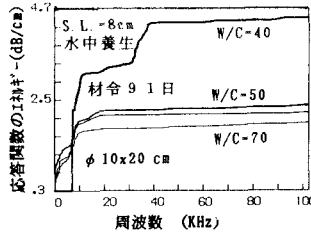


図-4 水セメント比による変化

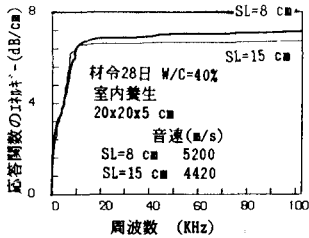


図-5 スランプによる変化

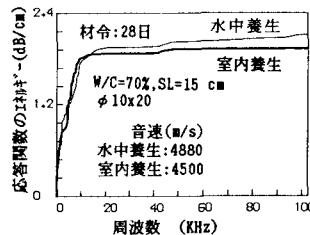


図-6 養生方法による変化

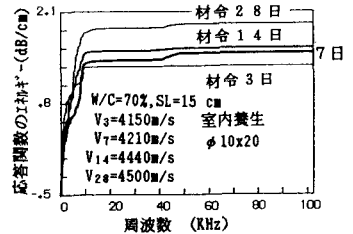


図-7 材令による変化

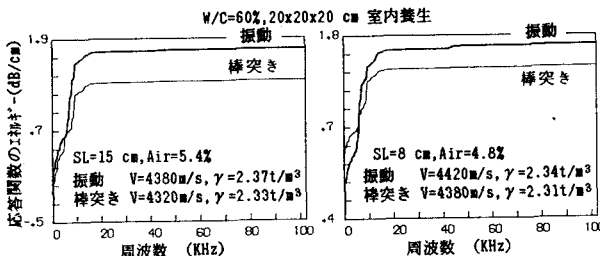


図-8 締固め方法の相違によるエネルギーの変化

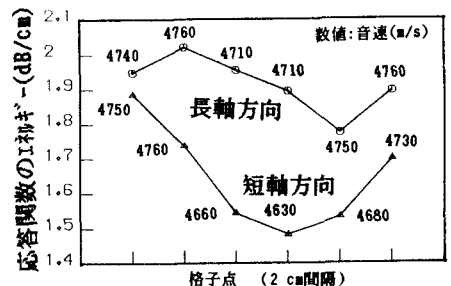


図-9 豆板位置での音速とエネルギーの変化